

粘性土改良土の強度・変形特性
-安定処理粘土地盤の地震応答解析-

Strength and Deformation Characteristics of Cement-Treated Clays
-Earthquake Response Analysis of Cement-Treated Clay Ground-

○安田貴則¹, 山田 雅一², 道明裕毅², 中浜悠史³

*Takanori Yasuda¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo², Yushi Nakahama³

Abstract: The objective of this study is to obtain the mechanical properties of cement-treated clays by the cement stabilization. In this paper, we conducted seismic response analysis of the cement-treated clay ground using the evaluation method of dynamic deformation characteristics and compared it with the case analyzed from the information presented at the Building Center of Japan.

1. はじめに

セメント安定処理工法を広く活用するためには、セメント安定処理地盤の地震時の応答値を正確に評価する必要がある。地盤の地震応答解析を行うには、地盤中に発生するひずみレベルに応じた動的解析法を選択しなければならない。中ひずみレベルの地震応答解析では、等価線形解析を用いることが一般的である。等価線形解析では、地盤材料の動的変形特性(せん断弾性係数のひずみ依存性($G-\gamma$ 関係)と減衰定数のひずみ依存性($h-\gamma$ 関係))が必要となる。既報 1), 2) では、初期せん断弾性係数 G_{max} の評価方法と、 $G/G_{max} \sim \gamma$ 関係を双曲線モデルで表すことができることを示し、さらに、パラメータとなる基準ひずみ γ_r の評価式を提案した。

本報告では、上述した初期せん断弾性係数と動的変形特性の評価方法により、セメント安定処理地盤の地震応答解析をした場合(Case1)と日本建築センターで提示されている情報から解析した場合(Case2)との比較を行い、初期せん断弾性係数と動的変形特性の評価が解析結果に与える影響について検討する。

2. 安定処理粘土地盤の地震応答解析

本報告では、セメント安定処理粘土地盤の等価線形解析を k-SHAKE³⁾により行った。

2.1. 地盤モデル

上層が軟弱な沖積粘土層、下層が硬質な洪積礫層で構成

された地盤(安定処理前の地盤モデルは東京都港区台場地区の臨海部軟弱地盤⁴⁾を参考にした。)に対して、安定処理工法を適用した場合の地盤モデルを想定した。改良範囲は支持力不足と圧密沈下が懸念される軟弱粘土層までの深さ 13.5m までとした。中層建築物程度に対する基礎地盤とすることを想定し、安定処理地盤の設計基準強度 $F_c=200 \text{ kN/m}^2$ とした。Table 1 に地盤モデルの各パラメータを示す。

基盤に入力する地震波には Hachinohe EW 成分(継続時間 50s)で大地震時を想定し、地表面最大加速度 350gal に調整した地震波を改良前の地盤モデルで引戻し計算した基盤波(最大加速度 266gal)を用いた。

2.2. 初期せん断弾性係数と動的変形特性の評価

Case1 では安定処理粘土層の初期せん断弾性係数 G_{max} と $G/G_{max} \sim \gamma$ 関係をそれぞれ(1)式²⁾, (2)式²⁾で求めた。

$$G_{max} = 1150q_u^{0.81} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (1)$$

$$\gamma_r \left(\frac{q_{uo}}{q_u} \right) = 0.00117 \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{mo}} \frac{q_{uo}}{q_u} \right)^{0.85} \quad (2)$$

ここで、 q_u は一軸圧縮強度、 q_{uo} は基準一軸圧縮強度(=98kN/m²)、 σ'_m は平均有効主応力、 σ'_{mo} は基準平均有効主応力(=98kN/m²)である。

現在、実務においては G_{max} の評価式がないので $q_u \sim E_{50}$ 関係からポアソン比 ν を仮定して G_{max} が評価されている。

Case 2 では、日本建築センターで提示されている情報 ($E_{50}=180q_u$, $\nu=0.25$ と仮定、動的変形特性に関する参考資

Table 1. Ground Model

Geological Number	Layer	Bottom Depth	Unit Weight ρ (kN/m ³)	Shear Wave Velocity V _s (m/s)	Before Improvement	After Improvement	After Improvement	Before Improvement	After Improvement	After Improvement	Before Improvement	After Improvement	After Improvement
					G_{max} (kN/m ²)	G_{max} (kN/m ²)	G_{max} (kN/m ²)	γ_r	γ_r	γ_r	h_{max} (%)	h_{max} (%)	h_{max} (%)
1	Bank	3	17.65197	120	25920			0.0016	0.0007		24		
2	U	5.5	14.90611	130	25688	84049	72000	0.0010	0.0009	0.0006	22	15	
3	Yue	7.5	14.90611	140	29792			0.0014	0.0010		23		
4		13.5	14.70998	170	43350			0.0014	0.0013		23		
5		17.5	16.67131	240		97920			0.0009			27	
6	Tos	28.1	17.65197	240		103680			0.0009			27	
7		32.5	20.10363	310		197005			0.0009			25	
Bedrock	Eds	-	18.04424	400		294400		-	-	-	-	-	-

1: 日大理工・学部・建築 2: 日大理工・教員・建築 3: 板橋区役所

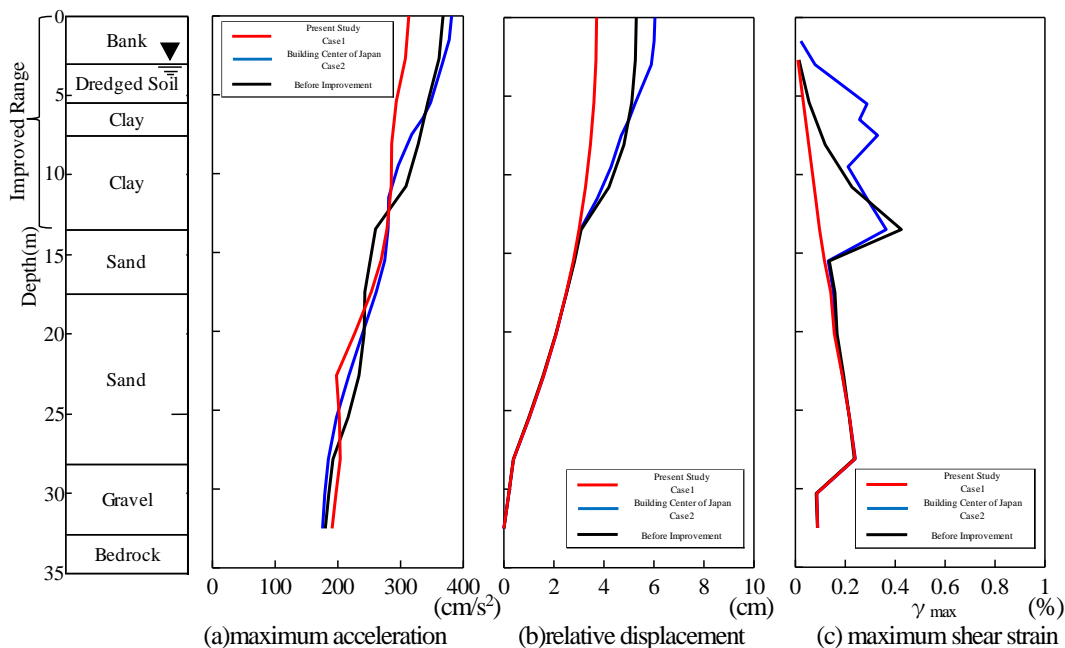


Figure 1. Results of Earthquake Response Analysis

料の繰返し三軸試験で得られた $E/E_{max} \sim \varepsilon$ 関係⁵⁾から G_{max} と $G/G_{max} \sim \gamma$ 関係を求めた。

減衰定数 $h \sim \gamma$ 関係は現在も未解明な点が多く、明確となっていないため、Case1, Case2 とも既往の研究で提案されている方法⁹⁾を用いて推定した。

$$h = h_{max} \left(1 - \frac{G}{G_{max}}\right) \quad (3)$$

ここで、 h_{max} は最大減衰定数である。なお、 h_{max} は文献⁷⁾によるセメント安定処理土に対する繰返し三軸試験結果から推定し、 $h_{max}=15\%$ とした。

2.3. 地震応答解析結果の比較

Figure 1(a), (b), (c)に地震応答解析結果の最大加速度，相対変位，最大せん断ひずみ γ_{max} の深度分布をそれぞれ示す。同図よりセメント安定処理粘土地盤の地震応答解析に用いる初期せん断弾性係数 G_{max} や動的変形特性について，日本建築センターで提示されている情報から解析した Case2 は，セメント安定処理地盤の地震応答解析を実施した Case1 に比べて，応答値を過大評価する傾向にあることがわかった。

この要因として，Case1 では動的変形特性に，固化材の種類，固化材の配合条件と材齢によるセメンテーション効果と拘束圧の影響が考慮されているのに対し，Case2 ではそれらが考慮されていない点や初期せん断弾性係数 G_{max} を $q_u \sim E_{50}$ 関係から求められていることが挙げられる。したがって，セメント安定処理粘土地盤の地震時における応答値を正確に評価するためには動的変形特性における種々の条件によるセメンテーション効果と拘束圧の影響や初期せん断弾性係数を適切に考慮する必要があると考えられる。

3. まとめ

本報告では，セメント安定処理粘土地盤の地震応答解析に用いる動的変形特性の評価が解析結果に与える影響について検討した。

日本建築センターで提示されている情報から解析した応答解析結果は，既報^{1), 2)}で提案した安定処理土の動的変形特性の評価方法を基に解析した応答解析結果に比べて，応答値を過大評価することが示唆された。

【参考文献】

- 1)中浜悠士他：粘性土改良土の強度・変形特性 - せん断弾性係数のひずみ依存性 -, 平成 28 年度日本大学理工学部学術講演会予稿集, pp.182-183, 2016.
- 2)中浜悠史：セメント安定処理粘土の動的変形特性の評価方法に関する研究, 日本大学大学院理工学研究科建築学専攻修士論文梗概集, 2016.
- 3)構造計画研究所：k-SHAKE Version3.0, 2000.
- 4)翠川三郎他：地震動の地盤基礎からの入射波スペクトルの性質, 日本建築学会論文報告集, 第 273 号, pp.43-54, 1978.
- 5) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針改訂作業委員会：改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法一, 日本建築センター, 2002.
- 6)Hardin,B.O. et al. : Shear Modulus and Damping in Soils : Design Equations and Curves,Proc, ASCE, Jour, SMFD, Vol.98, No.SM7, pp.667-692, 1972.
- 7)榎並昭他：砂質土改良土の動的変形特性(その2), 第 28 回土質工学研究発表会, pp.1065-1066, 1993.